

# NR Naturwissenschaftliche Rundschau

Sonderdruck

Für Herrn Thiede  
nur Dank  
und fröhliche  
Erwartung.

Erwartung.

# Das Meer — ein Schlüssel zur Geologie

Eugen Seibold, Freiburg im Breisgau

In den letzten Jahrzehnten sind aus Untersuchungen im Meer umwälzende Vorstellungen zur erdgeschichtlichen Entwicklung von Ozeanen und Kontinenten erwachsen. Marine Sedimente und ozeanische Kruste werden mitsamt ihren Porenwässern laufend den Kontinenten angegliedert. Marine Sedimentgesteine und ihre frühere Umwelt können besser gedeutet werden, wenn man heutige Vorgänge im Meer dazu heranzieht. Ozeanische Sedimente sind in ihrer detaillierten zeitlichen Abfolge zu hervorragenden Archiven für die Erdgeschichte geworden. Einige neuere Beispiele sollen dies verdeutlichen.

In den letzten drei Jahrzehnten haben sich umwälzende neue Theorien in der Geologie durchgesetzt. Es ist heute gesichert, daß in der Mitte der Ozeane Glutfluß aus dem Erdmantel aufsteigt. Er erstarrt dort zu Basalt und erzeugt neue ozeanische Kruste. Diese spreizt sich nach beiden Seiten, jährlich um einige Zentimeter. So entstehen im Lauf von Jahrmillionen neue Ozeanbecken. Die Kruste und der obere Erdmantel driften als starre „Lithosphären“-Platten auf einer darunterliegenden plastischen „Asthenosphäre“ (Abb. 1). Aus dem Meerwasser werden Reste von Organismen und Material von den Festländern als Sedimente auf der ozeanischen Kruste abgesetzt. Dem Ozean kam durch diese Vorstellungen zunehmend eine zentrale Rolle in den gesamten Geowissenschaften zu.

Kein Wunder also, daß der berühmte niederländische Meeresgeo-

loge Philipp Kuenen 1957, beim ersten Aufkeimen dieser revolutionären Gedanken, in Wiesbaden einen vielbeachteten Vortrag mit dem Titel *No geology without marine geology* halten konnte [2]. Als viel älteren Kronzeugen für die Wichtigkeit des Meeres in der Geologie könnte man natürlich Abraham Gottlob Werner (1750–1817) anführen. Er hat in Freiberg vor 200 Jahren selbst den Basalt für ein Fällungsprodukt aus dem Meerwasser gehalten. Trotz der beherrschenden Autorität Werners fand aber diese „neptunistische“ Ansicht selbst bei einigen seiner prominenten Schüler bald Kritik, weil sie mit Feldbeobachtungen nicht übereinstimmte. Doch noch im Jahre 1820 schreibt Goethe in den *Zahmen Xenien*: „Kaum wendet der edle Werner den Rücken, Zerstört man das Poseidaonische Reich;

Wenn alle sich vor Hephästos bücken,  
Ich kann es nicht sogleich;...“

Er drückt dieses Zögern und Bedauern aus, obwohl weitere Geländebeobachtungen, vor allem in Frankreich und Schottland, den „Plutonisten“ den Sieg gebracht hatten mit ihrer Ansicht, daß der Basalt als vulkanisches Ergußgestein aus den Erdtiefen aufsteigt. Freilich konnten sie noch nicht ahnen, daß der Großteil der Basalte tatsächlich dem ozeanischen Untergrund entstammt.

Flächenmäßig ist die Bedeutung des Meeres wohlbekannt: Es bedeckt derzeit über 70% unserer Erdkugel. In der Oberkreide, vor 80 bis 90 Millionen Jahren, waren es noch um die 85%, da die heutigen Festländer damals zur Hälfte überflutet waren (Abb. 2). Die Ursache wird darin gesehen, daß sich damals die Ozeanböden besonders rasch spreizten, daß also mehr als zuvor neue ozeanische Kruste gebildet und hochgehoben wurde, so daß sich das Volumen der Ozeanbecken verringerte und das Meer auf die Kontinente übergriff, transgredierte. Hinzu kamen riesige flächenhafte Ergüsse im Südwestpazifik.

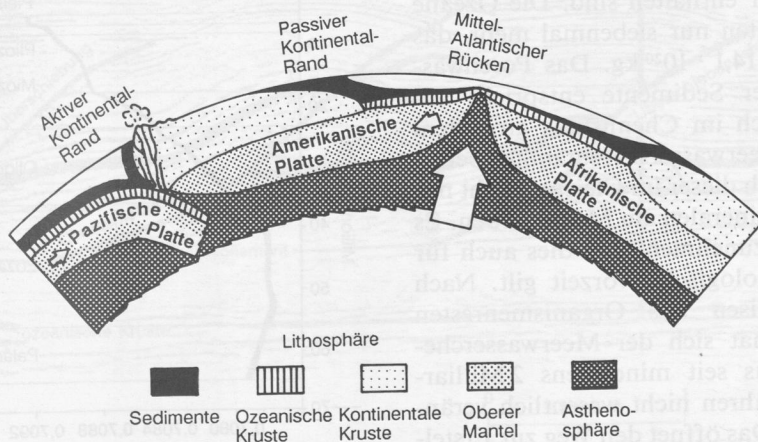
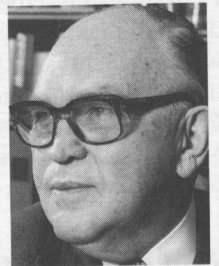


Abb. 1. Schema der Plattentektonik. Der mittellatantische Rücken als Zentrum für die Spreizung des Ozeanbodens, beidseitig passive Kontinentalränder. Aktiver Rand mit abtauchender Platte in einer Subduktionszone links. Nach [1].

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Eugen Seibold (geb. 11. Mai 1918) ist Emeritus der Universität Kiel, an der er vor allem meeresgeologisch tätig war, und Honorarprofessor am Geologischen Institut der Universität Freiburg. Von 1980 bis 1985 war er Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Bonn), von 1985 bis 1991 der European Science Foundation (Straßburg). — Nach einem Vortrag bei der Jahrestagung der Geologischen Vereinigung in Stuttgart am 27. Februar 1992.



Richard-Wagner-Str. 56,  
W-7800 Freiburg i. Br.



ser in Bewegung, das an Störungen am Meeresboden austreten kann. Das französische Tauchboot *Nautilus* hat in einer Kampagne mit Japanern zusammen 1989 solche stark zerklüfteten Partien entdeckt, an denen teilweise wärmeres Wasser austrat, und die tote und lebende Kolonien von großen Muscheln und Röhrenwürmern aufwiesen, wie sie von den mittelozeanischen Rücken schon erwähnt worden sind. Auf dem Bohrpunkt 808 wurden von der *Joides Resolution* 7 Löcher gebohrt, wobei eines den Basalt, die Basis des sedimentären Akkretionskeils erreichen konnte, eine Meisterleistung bei dem so stark gestörten Material. Die Wassertiefe betrug 4676 m, die Bohrtiefe 1327 m. Aus der Porenwasserchemie und aus Temperaturmessungen konnte geschlossen werden, daß das Wasser vertikal und horizontal viele Dutzend Kilometer in diesen Komplexen zurücklegen kann. Freilich ist noch unklar, warum dabei nicht in aufgerissenen Spalten Minerale ausgefällt worden sind, daß also keine „Gangfüllungen“ gefunden wurden. Vor Oregon im Nordwesten der Vereinigten Staaten und vor Peru ging man ähnlichen Problemen nach und fand auch dort an Austrittsstellen zirkulierender Wässer die erwähnten seltsamen Kolonien.

Aus solchen geologischen Verhältnissen können sich schließlich unsere Gebirge entwickeln. Durch das Tiefseebohren und die vielen neuen Beobachtungs- und Meßmethoden in situ sind wir daher in die Lage versetzt worden, die Anfangsstadien der Gebirgsbildung und die darin involvierten Prozesse direkt und in Echtzeit zu beobachten.

## Prozesse im Meer verraten sich in den Sedimenten

Eine der Großtaten des erwähnten Philipp Kuenen war die Erklärung der Entstehung ganzer Schichtserien durch einen einzigen Prozeß, die Erklärung der *Turbidite* durch Trübungsströme (turbidity currents). Was ist das?

Wenn eine Wassermasse viele Sedimentpartikel aufnimmt, so wird sie dichter, wird daher im Meer tiefer sinken. So kann selbst das an sich leichtere Süßwasser der Flüsse bei Hochwässern bis auf den Meeresboden absinken. Stürme oder Rutschungen im Meer selbst können das Wasser gleichermaßen trüben. Erreicht solches dichteres Wasser beispielsweise den Kontinentalhang, so fließt es hangab, wirbelt dabei feine Sedimente vom Meeresboden auf, erhöht daher die Dichte und damit die Geschwindigkeit. Sie kann in den Trübungsströmen unvorstellbar hoch werden und bis zu 100 Stundenkilometer erreichen. Sie fräsen dadurch aus dem Kontinentalhang tiefe Täler heraus, die submarinen Cañons. Oft laufen sie erst in Entfernungen von einigen tausend Kilometer in der Tiefsee aus. Dieses Geschehen wird in den Turbiditen dokumentiert (Abb. 6). Der pelagische Schlamm am Tiefseeboden wird zunächst erodiert. Mit scharfem Schnitt folgt darüber das gröbere, dann das feinere Material aus dem Trübungsstrom, so wie die Partikel aus der Suspension nacheinander ausfallen (Gradierung). Zuletzt geht dies wieder in die normale Sedimentation in der Tiefsee über, das heißt für Turbidite: scharfe Untergrenze und allmählicher Übergang nach oben.

Neuerdings ist es gelungen, typische Züge auch von Flachwasserseimenten auf jeweils ein einziges Ereignis zurückzuführen, etwa auf einen Sturm. Auch dabei wird ja Material aufgewirbelt, der Untergrund also erodiert. Auch hier fällt

aus der Suspension zunächst das Größere aus, falls nicht ohnehin größere Muschelschalen zu schwer sind und liegenbleiben. Auch hier entsteht daher eine gradierte Schicht. Durch welleninduzierte Strömungen graben sich Rinnen ein, die nach Abklingen des Sturmes verfüllt werden können.

Schon Leonardo da Vinci hat sich über die Auswirkung der Stürme auf den Meeresböden Gedanken gemacht: „Die geschichteten Gesteine werden in den Tiefen des Meeres geschaffen, wo der bei Stürmen durch die Küstenwellen losgerissene Schlamm abgelagert wird, und, vom Sturm nicht mehr berührt, liegenbleibt und versteinert ... Dabei wird er stufenförmig mit verschiedenen Neigungen in Schichten verschiedener Dicke aufgehäuft, je nachdem, ob die Stürme schwächer oder stärker sind.“

Solche *Tempestite* haben manches mit den Turbiditen gemeinsam. Sie unterscheiden sich aber unter anderem durch das Rippelgefüge, durch die bodenständigen Organismen, auf die in der Tiefsee meist nur Lebensspuren hinweisen, durch die Art des umgelagerten Materials oder durch das seitliche Aushalten der einzelnen Lagen; kurzatmig in der stürmischen Flachsee, langatmig bei den Tiefseeturbiditen [6].

Flächenhafte Echographenaufnahmen, detaillierte reflexionsseismische Profilnetze, Tauchbeobachtungen, Bohrungen und zahllose Sedimentkerne (Abb. 7) haben eine Fülle von Kriterien erbracht, wie man aus Sedimentstrukturen auf Wasserbewegungen am Meeres-

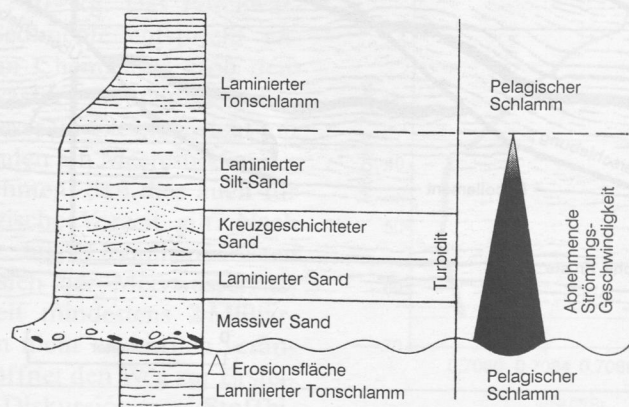
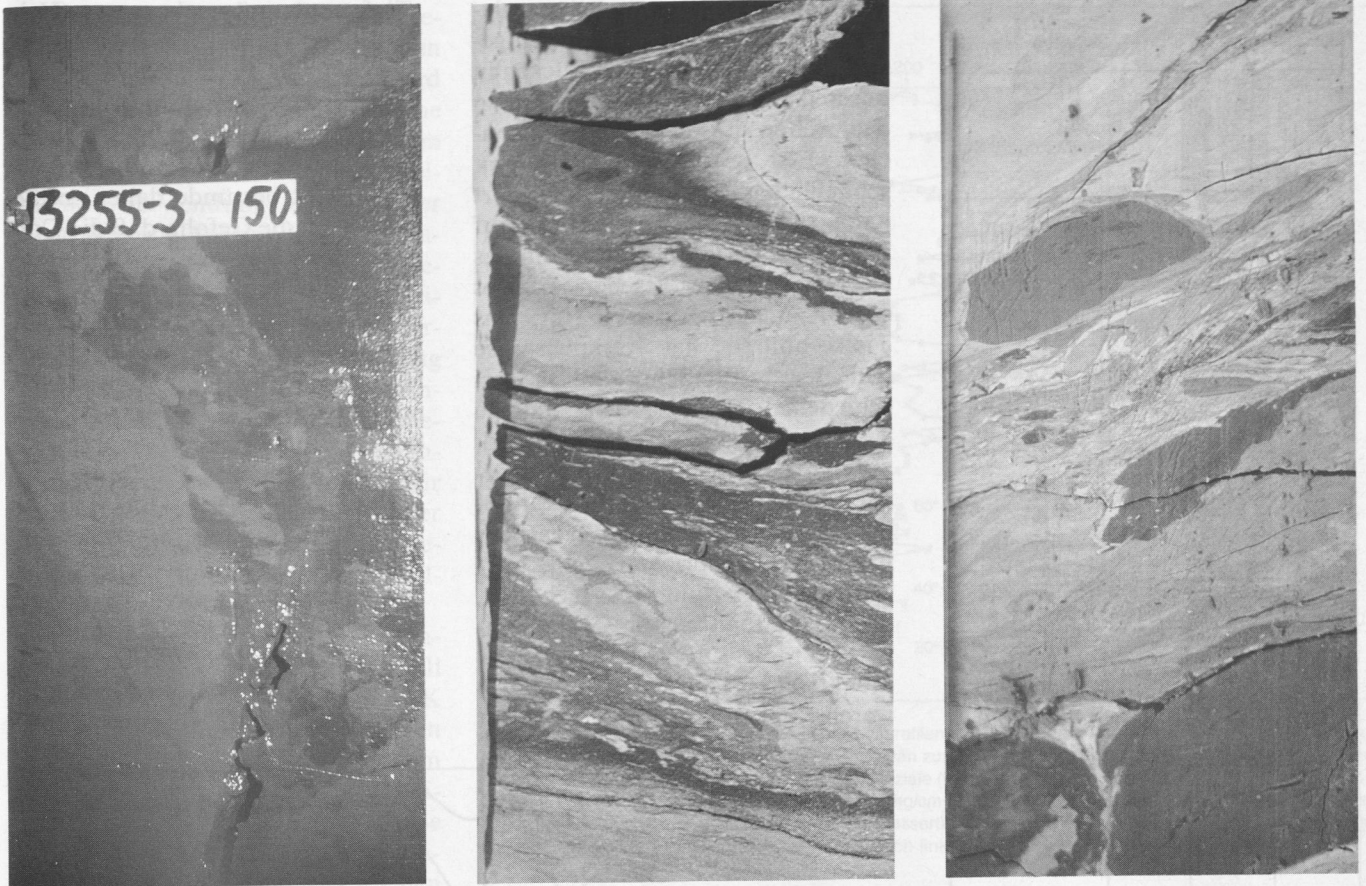


Abb. 6. Aufbau einer Turbiditlage, die abnehmende Strömungsgeschwindigkeit anzeigend. Aus [1].



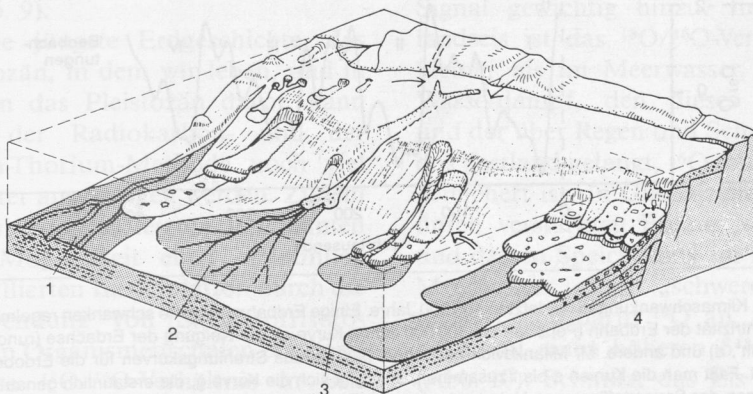
**Abb. 7.** Am Kontinentalhang kommt es auch bei geringen Neigungen zu untermeerischen Massenbewegungen. Sedimentkerne aus Rutschgebieten zeigen daher wirre Bilder. Selbst weiche Sedimente wie solche aus Kerntiefen von 1,5 m können dabei eckig zerbrechen und weisen noch Hohlräume auf, teilweise durch bodenwühlende Organismen verursacht (links; Kontinentalhang vor Mauretanien, 2068 m Wassertiefe, „Valdivia“, Fahrt 10/1975). Rutschmassen aus der Oberkreide (Mitte; Bohrung „Glomar Challenger“, Leg 41, Stelle 369, vor Kap Bojador, Sahara, aus 1750 m Wassertiefe, 1975) und dem Oberjura (rechts; „Glomar Challenger“, Leg 41, Stelle 367, Senegalbecken, aus 4750 m Wassertiefe) zeigen, wie weit verbreitet solche Sedimente sein können.

boden schließen kann. Die Abbildung 8 zeigt ein Beispiel für solche Vorgänge am Hang eines passiven Kontinentalhangs. Führen Flüsse viel und feines Material dem Flachmeer zu, so kommt es selbst bei geringen Neigungen im Deltabereich zu Rutschungen. Rasche Überlagerung fördert das Auftreten von Schlamm-Diapiren. Am Kontinen-

talhang entwickeln sich Rutschungen und Schlammströme. Sie können (wie manche Flußhochwässer) Trübungsströme auslösen, die auch in der Tiefsee in Hangnähe sandgefüllte Rinnen hinterlassen. Viele Trübungsströme werden aber in den submarinen Cañons kanalisiert. Beim Austritt aus dem einengenden Canõn verbreitert sich der Strom

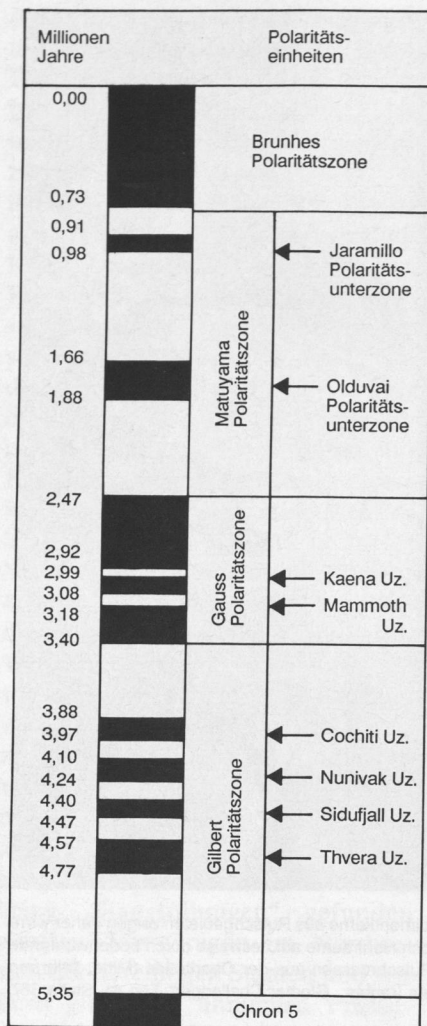
und bildet einen Tiefseeschwemm-fächer mit typischen Sedimentstrukturen. Doch auch an einem ganz normalen Hang, fern von Flußmündungen und Canõns, können sich aus Rutschungen und Schlammströmen Trübungsströme und meist feinkörnige Turbidite bilden. Ist die Schelfkante scharf, beispielsweise durch junge, aktive Verwerfungen oder durch erodierende Strömungen am Kontinentalhang darunter, so können gar Gesteinsblöcke Schuttmassen bilden, die abrutschen oder abfließen. Erdbeben mögen dabei mitunter ins Spiel kommen.

Natürlich war das Geschehen an der Schelfkante in den Glazialzeiten viel dramatischer als heute, war doch der Meeresspiegel jeweils um über 100 Meter abgesenkt. Viele Turbidite und andere der geschilderten Züge sind daher solchen früheren Klimaphasen zuzuordnen. Generell leiden ja manche Beobachtungen am heutigen Meeresboden



**Abb. 8.** Massenbewegungen am Kontinentalhang. Rutschungen, Schlammströme und Trübungsströme vor Flußmündungen (1), submarinen Cañons (2), an normalen (3) und übersteilen (4) Hängen. Aus [6].





**Abb. 9.** Terminologie für magnetostratigraphische Polaritätseinheiten für die letzten 5,5 Millionen Jahre, schwarz die heutige, weiß die inverse Polarisierung. Nach [7].

darunter, daß man manchmal solche fossilen Szenarios antrifft, das heißt noch unaufgearbeitete Reste in der Morphologie oder in den Sedimenten.

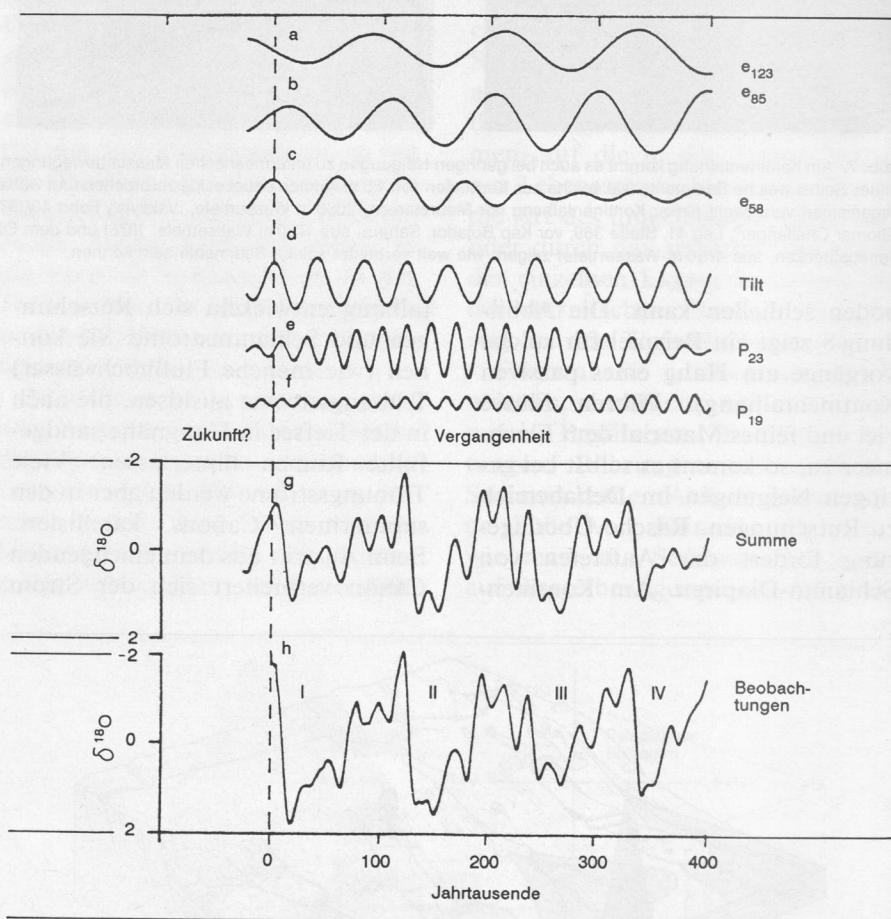
## Ozeanische Sedimente speichern die Erdgeschichte

Damit ist ein Kernproblem der Geologie angesprochen, die Erforschung der Erdgeschichte. Auf den Festländern bleiben nur ausnahmsweise auswertbare Informationen erhalten, etwa in langlebigen Seebecken. Sonst wird ja das Gelände im Prinzip abgetragen, werden alle Spuren ausgelöscht. Im Flachmeer sammelt sich zwar zunächst dieses abgetragene Material, das von Flüssen, dem Eis oder dem Wind zugeführt wird. Wellen und Strömungen

können es aber immer wieder umlagern, wie es bei den Tempestiten gezeigt wurde. So entstehen Lücken in unseren Schichten, also Lücken in den Seiten unseres Geschichtsbuches. Erst in der Tiefsee kommt schließlich alles zur Ruhe. Erst dort kann sich also Kalenderblatt auf Kalenderblatt legen. So hat man es wenigstens früher gesehen. Und es stimmt auch im Prinzip. Nur: Das Tiefseeböhen hat beispielsweise den Beweis erbracht, daß in verschiedenen Erdperioden kalkige Tiefseeschlammte verschieden stark aufgelöst worden sind. Heute bedecken sie die Hälfte der Ozeanböden, was der gesamten Fläche der Kontinente entspricht. Oder: Langzeitmessungen auf Tiefseeböden, die zur Aufnahme von Glascontainern für die Endlagerung von radioaktivem Material vorgesehen waren, haben ergeben, daß dort

„Tiefseestürme“ vorkommen (Hebble-Experiment im Nordatlantik). Sie kommen zwar sehr selten vor, können aber nach Bodenphotographien den Tiefseeschlamm durchaus aufwirbeln und erodieren. Auf lange Sicht bestünde daher an diesen Stellen die Gefahr, daß die Container freigelegt werden und Material in die Wassersäule entweichen und in biologische Kreisläufe gelangen könnte. Fazit: Kalenderblätter können in der Tiefsee aufgelöst oder herausgerissen werden. Trotzdem bleiben ihre Sedimente das beste Archiv für uns.

Ein Problem ist und bleibt die genaue Datierung dieser Sedimente. Die Aussage, daß wir in den Bohrungen vom Jüngeren ins Ältere kommen, ist trivial, obwohl man selbst dabei in Rutschgebieten hereinfallen kann. Wir sind zwar mit der zeitlichen Gliederung mittels



**Abb. 10.** Klimaschwankungen der letzten 400 000 Jahre. Einige Erdbahnelemente schwanken regelmäßig, so die Exzentrizität der Erdbahn (Perioden um 100 000 Jahre, Kurve a), die Neigung der Erdbachse (rund 40 000 Jahre, „Tilt“, d) und andere. M. Milankovich hat schon 1920 daraus Strahlungskurven für die Erdoberfläche errechnet. Faßt man die Kurven a bis f zusammen, so ergibt sich die Kurve g, die erstaunlich genau mit den Ergebnissen der Sauerstoffisotopen-Untersuchungen an Foraminiferenschalen in Tiefseekernen (h) übereinstimmt. Man kann daher versuchen, die Kurve g auch für die nahe Zukunft zu ermitteln. Danach käme es bald wieder zu einer Kaltzeit, falls der Mensch und der Treibhauseffekt nicht alles durcheinanderbringen. Nach J. Imbrie (1985) aus [1].

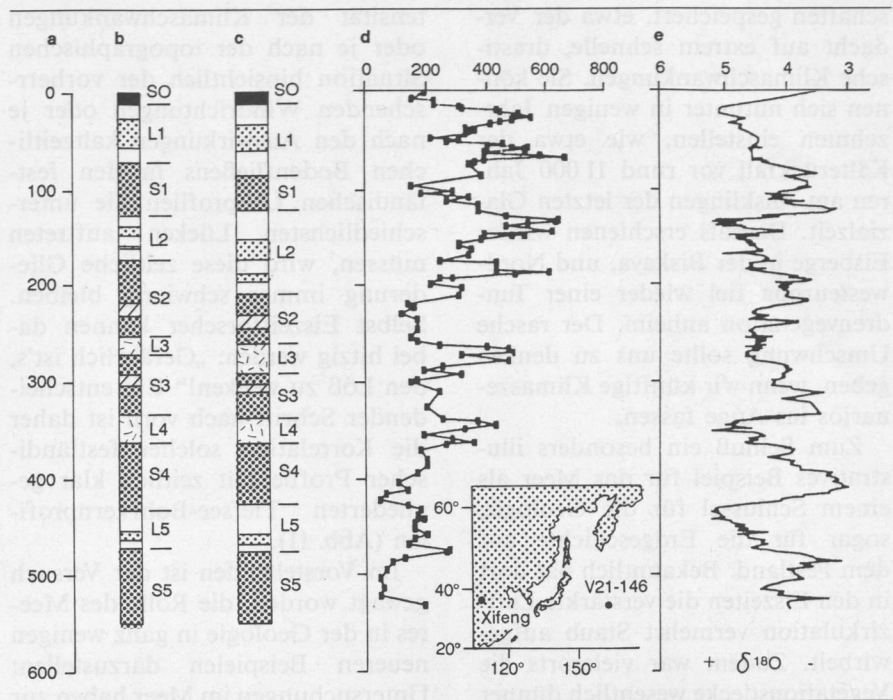
Leitfossilien erstaunlich weit gekommen. Das geht auf Vorarbeiten der Erdölindustrie zurück und wird durch die mikropaläontologische Auswertung der Tiefseebohrungen laufend verfeinert. Die vergleichende Verwendung verschiedener Gruppen wie Diatomeen, Radiolarien, Coccolithen oder Foraminiferen und die beginnende Aufarbeitung der Daten mit Computern verbessert die zeitliche Identifizierung laufend. Wir brauchen aber dringend bessere absolute und nicht diese klassischen „relativen“ Altersangaben. Denn nur damit können wir etwa die Geschwindigkeiten vieler Vorgänge ermitteln, von der Entstehung von Arten bis zur Gebirgsbildung.

Zuverlässige absolute Altersangaben aus dem radioaktiven Zerfall etwa von  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{87}\text{Rb}$  oder  $^{40}\text{K}$  haben Fehlergrenzen von einigen Millionen Jahren und sind zudem meist nur aus Mineralen magmatischer oder vulkanischer Gesteine und nicht aus Sedimenten zu gewinnen. „Glaukonit“-Alter aus solchen müssen sehr kritisch ermittelt werden. Man hat insgesamt für die letzten 500 Millionen Jahre ein Zeitgerüst entwickelt, das im Groben nur alle 1 bis 2 Millionen Jahre einen absoluten Festpunkt hat.

Zunehmend kommt indessen die Magnetostratigraphie zu Hilfe. Das Erdfeld polt sich in unregelmäßigen Abständen um, was auch in den Sedimenten bestimmt werden kann. Damit kann weltweit zwischen absoluten Altern interpoliert werden, so daß die zeitliche Auflösung mitunter schon auf einige 10 000 Jahre herabgedrückt werden kann (Abb. 9).

Die jüngste Erdgeschichte, das Holozän, in dem wir leben, und in Teilen das Pleistozän davor, kann mit der Radiokarbon- und der Uran-Thorium-Methode noch viel exakter angegangen werden. Zudem hat sich in den letzten Jahrzehnten die Möglichkeit einer erstaunlich detaillierten Intrapolation durch die Verwendung von Sauerstoffisotopen in Organismenschalen ergeben.

Das  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Verhältnis in den Kalkschalen ( $\text{CaCO}_3$ ) etwa von Foraminiferen ist zunächst von der Temperatur des Wassers, in dem sie



**Abb. 11.** Korrelation zwischen chinesischen Lößprofilen und der Sauerstoffisotopen-Stratigraphie der Tiefsee. Lößprofile in Ostchina reichen weit in das Pleistozän zurück (a: Jahrtausende). Bodenbildungen (S) der Interglaziale wechseln mit unverwittertem Löß der Glaziale (L) ab (Profile b und, zeitkorrigiert nach Magnetostratigraphie, c). Die gesteigerte Windzufuhr (d, in  $\text{mg}/\text{cm}^2$  und 1000 Jahre) in Glazialzeiten ist noch in über 3000 km Entfernung in einem Kern aus 3968 m Wassertiefe im Pazifik nachzuweisen (d). Zeitliche Gliederung: Isotopenkurve (e), Ausschlag in Glazialzeiten nach links. Aus [1].

gebaut werden, abhängig. Untersucht man diese in bodenlebenden Foraminiferen, so kann beispielsweise nachgewiesen werden, daß sich die ozeanischen Tiefenwässer seit der Kreidezeit um rund  $10^\circ\text{C}$  abgekühlt haben. Im Verlauf des Tertiärs gab es darin zwei auffallende Sprünge ins Kältere, vor rund 35 und 15 Millionen Jahren. Man führt dies auf den Aufbau und dann das spektakuläre Wachsen des antarktischen Eisschildes zurück.

Mit Beginn der Festlandsvereisung auch um den Nordpol herum kam für diese Isotope ein zweites Signal gewichtig hinzu. Im Festlandseis ist das  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Verhältnis kleiner als im Meerwasser, da im Wasserdampf, den dieses abgibt und der über Regen und Schnee auf das Festland gelangt,  $^{16}\text{O}$  relativ angereichert ist. In Glazialzeiten wird durch verstärkten Entzug von  $^{16}\text{O}$  und dessen Speicherung im Eis das Meerwasser quasi „schwerer“, es reichert sich darin  $^{18}\text{O}$  an, und es bekommt einen höheren  $\delta^{18}\text{O}$ -Wert (Abb. 10). Schmilzt das Eis in den Interglazialzeiten ab, so wird das Meerwasser wieder „leichter“. Die planktonischen Foraminiferen, die

im Oberflächenwasser leben, überliefern diese Veränderungen in ihren Schalen. Ein Ergebnis der äußerst peniblen Untersuchungen, die der Abbildung 10 zugrundeliegen, kann sogar ohne Spektralanalyse direkt abgezählt werden: In der letzten halben Jahrmillion hat es einen Zyklus zwischen diesen Glazial- und Interglazialzeiten gegeben, der um 100 000 Jahre liegt. Weitere Zyklizitäten können herausgefiltert werden. Sie beruhen auf Schwankungen von Erdbahnparametern (Exzentrizität bei diesen 100 000 Jahren, Schiefe der Erdachse bei rund 40 000 Jahren und andere). Diese können auch „nach vorne“ gerechnet werden (Abb. 10), was eine Hoffnung eröffnet, die künftige natürliche Entwicklung des Klimas vorauszusagen, eine Entwicklung also ohne menschliche Einwirkung.

Doch zurück zur Erdgeschichte: Mit Hilfe der Isotopenstratigraphie kann heute in Gebieten mit hoher Sedimentationsrate die zeitliche Auflösung bis auf Jahrhunderte hinab verfeinert werden. Nicht nur in Eiskernen, sondern auch in solchen ozeanischen Sedimentkernen sind danach alarmierende Bot-



schaften gespeichert, etwa der Verdacht auf extrem schnelle, drastische Klimaschwankungen. Sie können sich mitunter in wenigen Jahrzehnten einstellen, wie etwa der Kälterückfall vor rund 11 000 Jahren am Ausklingen der letzten Glazialzeit. Damals erschienen wieder Eisberge in der Biskaya, und Nordwesteuropa fiel wieder einer Tundravegetation anheim. Der rasche Umschwung sollte uns zu denken geben, wenn wir künftige Klimaszenarios ins Auge fassen.

Zum Schluß ein besonders illustratives Beispiel für das Meer als einem Schlüssel für die Geologie, sogar für die Erdgeschichte auf dem Festland. Bekanntlich hat dort in den Eiszeiten die verstärkte Luftzirkulation vermehrt Staub aufgewirbelt. Zudem war vielerorts die Vegetationsdecke wesentlich dünner und lückenhafter. Weite Meeresflächen lagen durch den abgesenkten Meeresspiegel trocken und konnten gleichfalls ausgeblasen werden. In unseren Breiten führte dies zur Bildung von Löß. In den Interglazialen verwitterte er zu Lehm Böden, was zunächst danach aussieht, daß man dadurch das Pleistozän leicht gliedern könnte. Weil aber je nach In-

tensität der Klimaschwankungen oder je nach der topographischen Situation hinsichtlich der vorherrschenden Windrichtungen oder je nach den Auswirkungen kaltzeitlichen Bodenfließens in den festländischen Lößprofilen die unterschiedlichsten Lücken auftreten müssen, wird diese zeitliche Gliederung immer schwierig bleiben. Selbst Eiszeitforscher können dabei hitzig werden: „Gefährlich ist's, den Löß zu wecken!“ Ein entscheidender Schritt nach vorn ist daher die Korrelation solcher festländischer Profile mit zeitlich klar gegliederten Tiefsee-Bohrkernprofilen (Abb. 11).

Im Vorstehenden ist der Versuch gewagt worden, die Rolle des Meeres in der Geologie in ganz wenigen neueren Beispielen darzustellen: Untersuchungen im Meer haben zur Revolution unseres geologischen Weltbildes in den letzten drei Jahrzehnten geführt. Aus marinen Sedimenten besteht der Großteil der Sedimentgesteine auf dem Festland. Sie wurden ihm vielfach in den Subduktionszonen oder in langsam absinkenden Randbecken angegliedert. Das in ihnen enthaltene Porenwasser ist daher ein wichtiger

Teil des Wassers im Untergrund, sozusagen das Blut unserer Erde. Wie die marinen Sedimente entstehen, kann im heutigen Meer untersucht werden. Damit verbessern wir die Deutung der fossilen Sedimentgesteine. Weil die marinen, vor allem die ozeanischen Sedimente zeitlich immer besser in die Stratigraphie (und dabei auch in absolute Altersangaben) eingepaßt werden können, kann der Gang der Geschichte unserer Erde und des Lebens auf ihr immer genauer erfaßt werden. Das Meer ist ein goldener Schlüssel für die Geologie.

#### Literatur

- [1] E. Seibold: Das Gedächtnis des Meeres. R. Piper & Co. München 1991. — [2] P. Kuenen, Geol. Rdsch. 47, 1 (1958). — [3] J. M. McArthur, in: Encyclopedia of Earth System Science. Vol. 4. (W. A. Nierenberg, Ed.). Academic Press. San Diego 1992. — [4] S. D. Scott, in: Dahlem Workshop on the Use and Misuse of the Seafloor. (K. Hsu, J. Thiede, Eds.). J. Wiley & Sons. Chichester (im Druck). — [5] J. C. Moore, GSA Today 1, 265 (1991). — [6] G. Einsele u. Mitarb. (Hrsg.): Cycles and Events in Stratigraphy. Springer. Berlin, Heidelberg, New York 1991. — [7] J. E. T. Channell, in: Encyclopedia of Earth System Science. Vol. 3. (W. A. Nierenberg, Ed.). Academic Press. San Diego 1992.

## Alfred Wegener und die Drift der Kontinente

Von Prof. Dr. Martin Schwarzbach



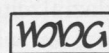
2., neu bearbeitete Auflage 1990  
164 Seiten. 31 Abbildungen. Kart. DM 36,—  
ISBN 3-8047-1044-1

Alfred Wegener begründete seinen dauerhaften Ruhm 1912 mit der revolutionären Hypothese, daß die Festländer gar nicht so „fest“ seien, wie man es bis dahin angenommen hatte, sondern daß sie im Laufe der Erdgeschichte langsam wanderten. Selten hat ein neues Gedankengebäude über die Entstehung der Erdkruste, ihrer Gebirge und Ozeane so anregend für Geologen und Geophysiker gewirkt wie die „Drifthypothese“.

Die von Schwarzbach verfaßte Biographie zeichnet nicht nur ein Lebensbild Wegeners, sondern umfaßt damit gleichzeitig ein Stück Wissenschaftsgeschichte, ein herausragendes Kapitel der Erforschung der Erde — von der Verschiebung der Kontinente und der heute im Vordergrund stehenden „Plattentektonik“ bis hin zur Eiszeitforschung, den Strahlungskurven von Milankovitch und der „nächsten Eiszeit“.

#### Inhaltsübersicht

Vorwort — Alexander v. Humboldt und die Vorfahren von Alfred Wegener — Der Lebensgang von Alfred Wegener — Die Grönland-Reisen — Wegener und Island — Das wissenschaftliche Lebenswerk von Alfred Wegener — Die ersten 40 Jahre der „wandernden Kontinente“ — Die Wiedergeburt der „Kontinentalverschiebung“: die Plattentektonik — Ruhm und Nachruhm von Alfred Wegener — Schrifttum — Anmerkungen — Register.



Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH  
Birkenwaldstr. 44 · 7000 Stuttgart 1